Analoge multimeters

In 2024 een artikel over analoge multimeters? Waarom niet? Er zijn nog steeds tientallen modellen in alle prijsklassen te koop en ze hebben onmiskenbaar een paar voordelen op hun digitale soortgenoten.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl
Publicatiedatum: 24-02-2024

Inleiding

Analoge multimeter, AVO-meter, VOM-meter
De apparaten waar dit artikel over gaat gaan door het leven onder diverse soortnamen. De soortnaam '*analoge multimeter*' is de officiële benaming. De soortnaam '*AVO-meter*' verwijst naar de beroemdste fabrikant van dit soort meetinstrumenten, het Britse AVO. De soortnaam '*VOM-meter*' staat voor '***V**olt, **O**hm, **M**illi-ampère*', de drie grootheden die u met zo'n instrument kunt meten.

Definitie
Een analoge multimeter is een meetinstrument dat door middel van de verplaatsing van een wijzer over een schaal de waarde van een gemeten grootheid weergeeft. U moet de waarde van de gemeten grootheid interpreteren door de positie van de wijzer op de schaal af te lezen en deze waarde eventueel te vermenigvuldigen of te delen met de stand van de bereikenschakelaar.

De draaispoelmeter, het hart van de analoge multimeter
Alle analoge multimeters werken met een draaispoelmeter als indicator. Zo'n meter is per definitie een gelijkstroom meter. Alle grootheden die een analoge multimeter kan meten moeten dus in het apparaat naar een gelijkstroom worden omgezet.

Een korte historische schets
De uitvinding van de analoge multimeter wordt toegeschreven aan de Britse PTT-technicus Donald Macadie. Deze was het beu om rond te zeulen met een heleboel meetinstrumenten en ontwierp in 1927 een meter waarmee hij zowel spanningen, stromen als weerstanden kon meten.
De moeder van alle commerciële analoge multimeters is ongetwijfeld '*Model 8*' van het Engelse bedrijf AVO. Dit model werd in 1958 geïntroduceerd en werd gefabriceerd tot 2008. De laatste versie was de '*Mark 7*'. Vrijwel iedere elektronicus die ouder is dan veertig jaar heeft met deze multimeter gewerkt. Op alle technische opleidingen, van laag tot hoog, was dit dé meter waarmee de basiswetten van de elektriciteit experimenteel werden aangetoond. '*Model 8*' kon gelijkspanning, wisselspanning, gelijkstroom, wisselstroom en weerstand meten. Vandaar dat elektronici op leeftijd het nog steeds hebben over een '*AVO-meter*' in plaats van over een analoge multimeter.



Het beroemde 'Model 8' van AVO. (© Peter Vis)

Een selectie van aangeboden analoge multimeters
Ondanks dat vrijwel iedere elektronicus tegenwoordig meet met een digitale multimeter is het aanbod aan analoge soortgenoten nog steeds overweldigend groot. In de onderstaande foto hebben wij zeven van de tientallen modellen die u kunt kopen verenigd. Analoge multimeters zijn te koop in iedere prijsklasse. De derde van links is de '*MAVOWATT 4*' van Gossen, die voor iets meer dan duizend euro de uwe wordt. Met deze meter kunt u niet alleen spanningen en stromen, maar ook vermogen en cosφ meten. De zesde van links is de Chinese '*Qhintec*' die u voor amper € 6,82 via AliExpress kunt bestellen.



Een selectie van beschikbare analoge multimeters. (© 2024 Jos Verstraten)

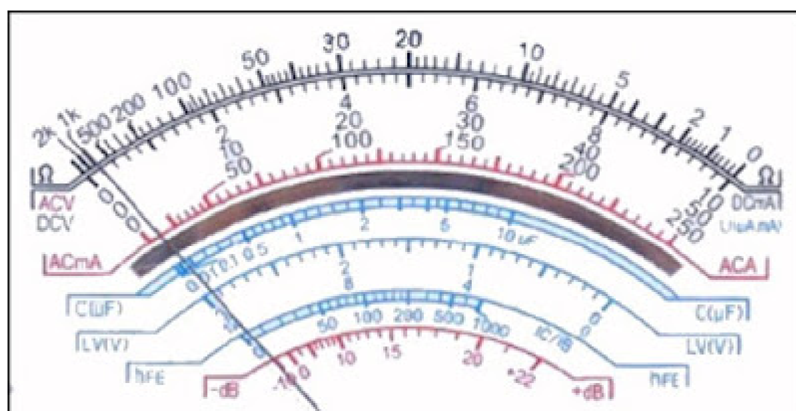
De voordelen van analoge multimeters

- Het grote voordeel van een analoge multimeter is dat het menselijk brein beter in staat is de heen en weer gaande beweging van een naald te interpreteren dan snel verspringende getallen op het display van een digitale multimeter. Gegevens zijn immers ook sneller te interpreteren in een grafiek dan ik een tabel. Dit voordeel komt tot uiting als u een bepaalde spanning, stroom of weerstand op de minimale of maximale waarde moet afregelen. U ziet onmiddellijk wanneer de naald van de meter verandert van bewegingsrichting. Op dát moment heeft de gemeten grootheid zijn minimale of maximale waarde bereikt. Bij digitale multimeters heeft men dit voordeel proberen te evenaren door, naast het numerieke display, ook nog eens een thermometerschaal met oplichtende streepjes te introduceren. Maar de resolutie van een dergelijke uitlezing is niet groot en niet te vergelijken met de minimaal te detecteren verplaatsing van een naald.

- Een tweede voordeel is dat iedere analoge multimeter per definitie een '*ZERO-OHM*' potentiometer heeft waarmee u de naald bij kortgesloten meetsnoeren moet afregelen op 0 Ω. De weerstand van de meetsnoeren wordt dus gecompenseerd, een voorziening die de meeste goedkope digitale multimeters niet hebben. Zeer lage weerstanden kunt u dus nauwkeuriger meten met een analoge multimeter dan met een goedkope digitale meter.
- Een derde voordeel is dat alle analoge multimeters weerstanden heel snel meten. Sommige goedkope digitale multimeters doen er een paar seconden over alvorens een hoge weerstandswaarde stabiel wordt gemeten.
- Tot slot nog een minder vaak genoemd voordeel. Als u een hele reeks identieke schakelingen moet testen door bijvoorbeeld een spanning te meten kunt u op het glas van de analoge meter twee streepjes aanbrengen waartussen de waarde van de te meten spanning moet blijven om goed te worden bevonden. U ziet veel sneller dat de naald van de meter in dit gebied staat dan dat u de numerieke waarde op het display van een digitale meter hebt geïnterpreteerd.

De nadelen van de analoge multimeter

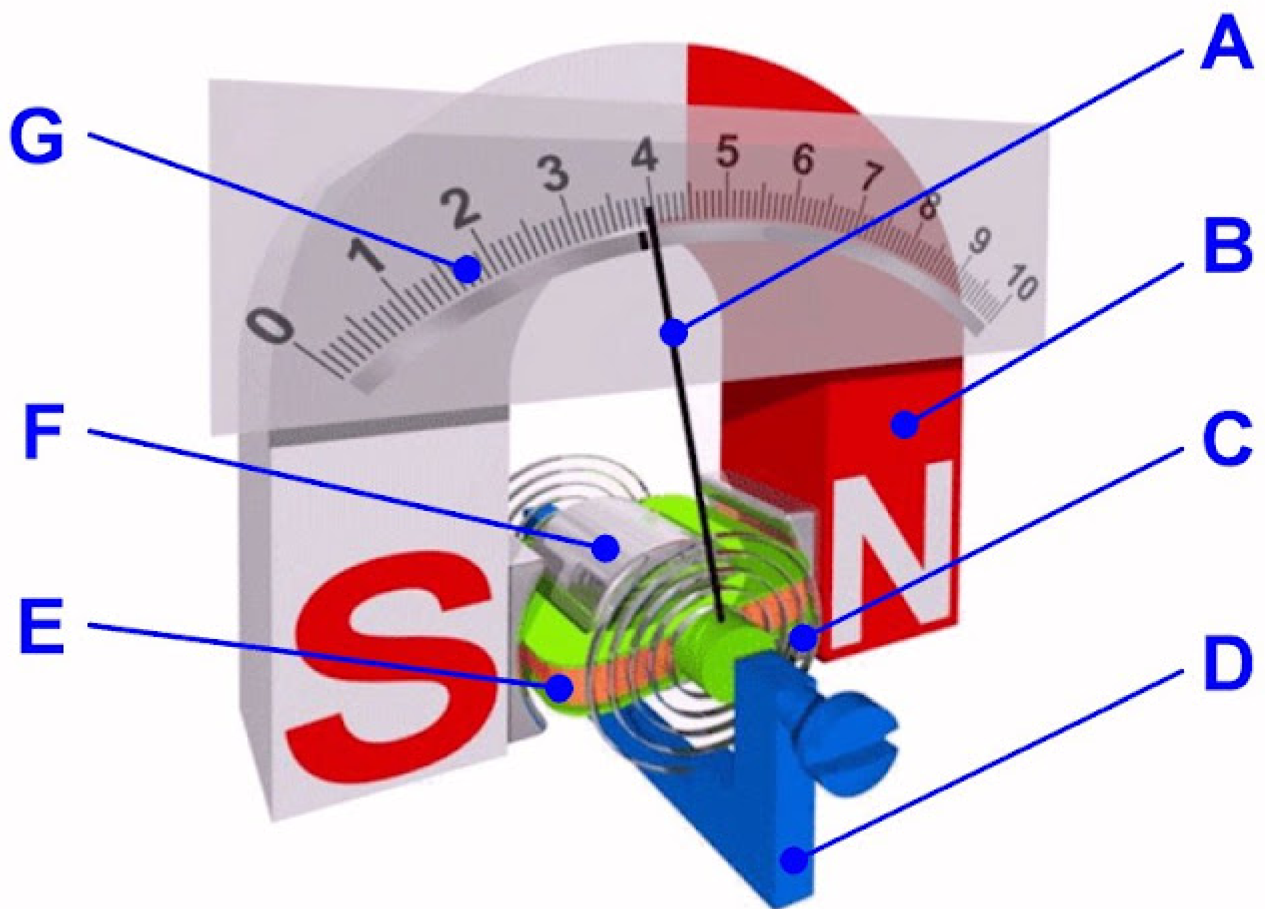
- Een van de grootste nadelen is dat een dergelijke meter, bij het meten van spanningen, een vrij lage en niet constante ingangsweerstand heeft. De waarde van de weerstand is namelijk afhankelijk van het meetbereik. Iedere digitale multimeter heeft, bij het meten van gelijkspanningen, een constante ingangsweerstand van 10 MΩ. Voor analoge multimeters is een ingangsweerstand van 20 kΩ/V een standaard waarde. Als u de meter instelt op een meetbereik van 3,0 V_{dc} heeft de meter dus een ingangsweerstand van slechts 60 kΩ! De consequenties van dit gegeven worden op het einde van dit artikel belicht.
- Een tweede nadeel is de ingewikkelde aflezing van de schaal. Dat zo'n meetinstrument tien schaalindelingen heeft is geen uitzondering, zie de onderstaande foto.
- Een derde nadeel van een analoge meter is de kwetsbaarheid van de draaispoelmeter. Laat een digitale multimeter op de grond vallen en er gebeurt meestal niets. Laat een analoge multimeter op de grond vallen en de kans is groot dat de heel kwetsbare ophanging van de naald beschadigd wordt. Deze ophanging is ook niet goed bestand tegen overbelasting van de meter. Als u de meter op 3 V_{ac} hebt geschakeld en u sluit per ongeluk er de netspanning op aan, dan slaat de naald met zo'n geweld in de rechterhoek van de schaal dat de ophanging van de naald wordt beschadigd. Dergelijke ongelukken hebben bij digitale meters meestal geen onherstelbare gevolgen!
- Een vierde nadeel is dat analoge multimeters nooit automatische bereikenomschakeling hebben en u de meter dus met de hand moet instellen op het juiste meetbereik. Sommige meters hebben een draaischakelaar met wel dertig standen, u moet dus heel goed opletten dat u de knop in de juiste stand zet.
- Een vijfde nadeel is dat de schaal van de meter in duistere omgevingen nauwelijks of helemaal niet is af te lezen. Er zijn maar weinig apparaten beschikbaar waar u een achtergrondverlichting achter de schaal kunt inschakelen.



Een voorbeeld van de diverse schaalindelingen.
(© 2024 Jos Verstraten)

Het hart van het apparaat: de draaispoelmeter

Constructie van een draaispoelmeter
Een draaispoelmeter of draaispoelgalvanometer wordt in de Engelstalige vakliteratuur vaak aangeduid net de notatie '*PMMC*', letterwoord van '***P**ermanent **M**agnet **M**oving **C**oil*'. Zo'n meter werkt volgens het principe dat door D'Arsonval reeds rond 1880 werd ontwikkeld.
In de onderstaande figuur ziet u alle onderdelen waaruit een draaispoelmeter bestaat. Het grootste onderdeel is een hoefijzervormige permanente magneet [B] met (uiteraard) een noord- en een zuidpool. In de spleet tussen beide polen draait een metalen anker [F] in een juk [D]. Op dit draaibaar anker is de naald [A] van de meter aangebracht, die heen en weer kan bewegen voor de schaal [G]. Op het metalen anker is een spoeltje [E] gewikkeld. Het anker [F] wordt door middel van twee veertjes [C] in zo'n stand gefixeerd dat de naald [A] in de rustpositie voor de nul van de schaal [G] staat. Deze gehele constructie wordt het '*movement*' van de draaispoelmeter genoemd en is een prachtig staaltje van fijnmechanische constructie.

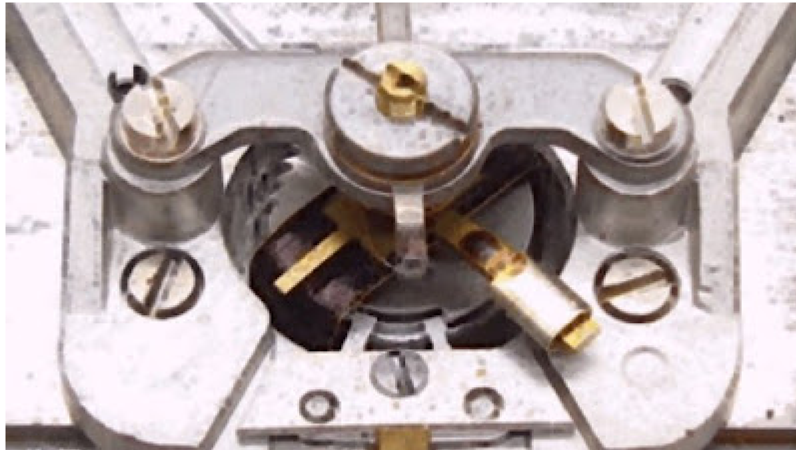


De samenstelling van een draaispoelmeter. (© electrical4you)

De werking van een draaispoelmeter
Als u een gelijkstroom door het spoeltje [E] stuurt zal er rond dit spoeltje een magnetisch veld worden gevormd. Dit veld interfereert met het veld van de permanente magneet [B]. Het gevolg is dat er een mechanische kracht wordt uitgeoefend op het metalen anker [F] waardoor dit gaat draaien in het juk [D]. De grootte van deze kracht is afhankelijk van de grootte van het magnetisch veld rond het spoeltje en dus ook afhankelijk van de grootte van de stroom die u door het spoeltje stuurt. Deze kracht wordt echter tegengewerkt door de kracht die de twee veertjes [C] op het anker [F] uitoefenen. Er ontstaat een evenwichtssituatie waarbij het anker onder een bepaalde hoek gaat draaien en de naald [A] dus voor een bepaalde indicatie op de schaal [G] gaat staan.
Het systeem kan zo worden ontworpen dat er een lineair verband ontstaat tussen de hoekverdraaiing van het anker en de naald en de stroom die u door het spoeltje stuurt. Een

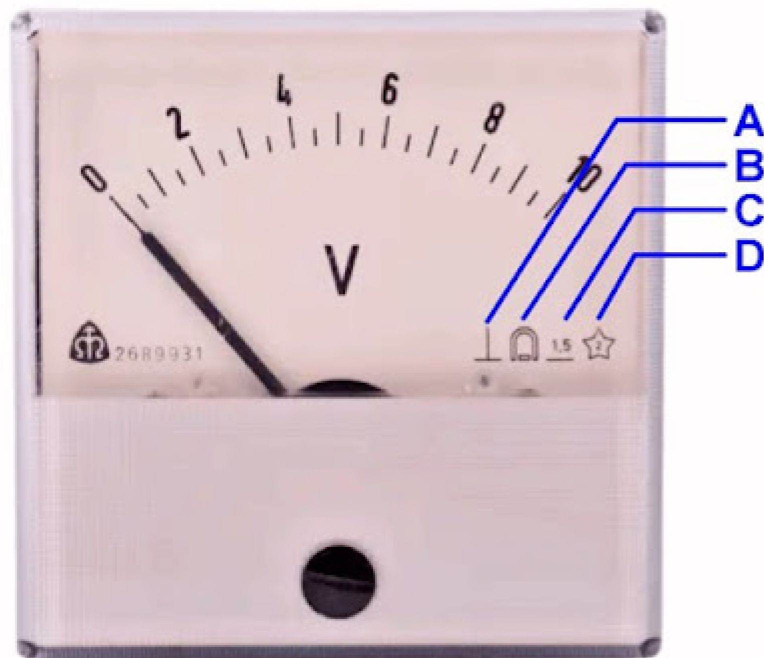
twee keer grotere stroom betekent een twee keer grotere hoekverdraaiing.
Het besluit is dat de stand van de naald van de draaispoelmeter een maat is voor de stroom de u door het spoeltje stuurt.

Het '*movement*' van een draaispoelmeter in het echt
In de onderstaande foto ziet u hoe het '*movement*' van een draaispoelmeter er in het echt uitziet. In dit specifieke geval is dat de constructie van de draaispoelmeter in de beroemde '*Model 8*' van AVO.


Het 'movement' in de 'Model 8' meter van AVO. (© Peter Vis)

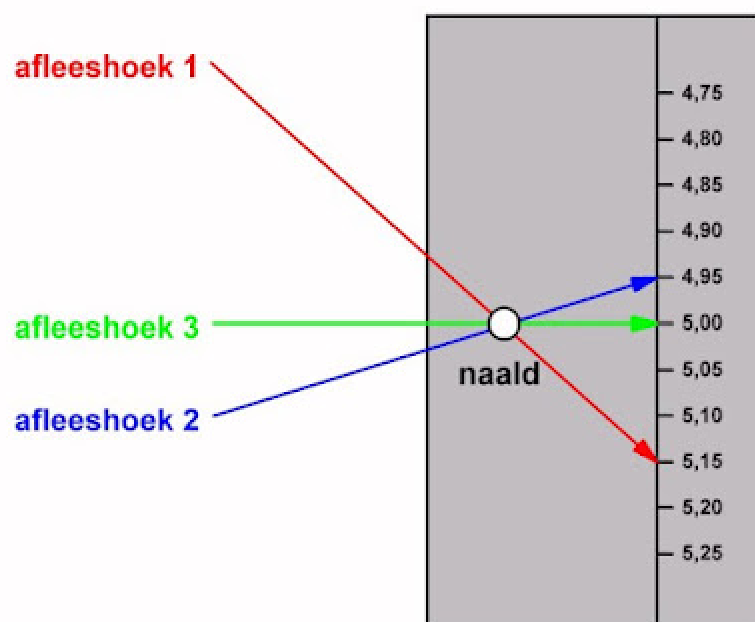
De indicaties op de schaal van een draaispoelmeter
Op iedere draaispoelmeter treft u, meestal in de rechtse onderste hoek van de schaal, een aantal symbolen aan die verband houden met de specificaties van de meter:

- **A:**
  De meter is geijkt in verticale (staande) positie, als u hier ' ┌┐ ' ziet staan betekent dit dat de meter in horizontale (dus liggende) positie is geijkt.
- **B:**
  Dit is het symbool voor draaispoelmeter.
- **C:**
  Geeft de nauwkeurigheid van de meter weer in ±procent afwijking bij volle schaal indicatie. Staat hier 1.5 en meet de meter exact 10 mA, dan betekent dit dat de reële waarde van de gemeten stroom ergens tussen 9,85 mA en 10,15 mA ligt. Dit getal wordt ook de '*klasse*' van de meter genoemd.
- **D:**
  De testspanning in kV waaraan de meter is onderworpen.



De gestandaardiseerde symbolen op de schaal van iedere draaispoelmeter.
(© 2024 Jos Verstraten)

Parallax-fouten
Tussen de wijzerplaat en de naald zit een afstand van een paar millimeter. Deze afstand kan afleesfouten veroorzaken. Dit verschijnsel noemt met de '*parallax-fout*'. Parallax is het verschijnsel dat de schijnbare positie van een voorwerp ten opzichte van de achtergrond varieert als het voorwerp vanuit verschillende posities bekeken wordt. Als u de positie van de naald niet uitleest terwijl u loodrecht naar de wijzerplaat kijkt kunt u een verkeerde waarde aflezen. Dit wordt toegelicht aan de hand van de onderstaande figuur. Dit stelt een bovenaanzicht voor van de schaalverdeling en de naald van een analoog meetinstrument. De naald staat, vanuit het bovenaanzicht bekeken, precies boven de 5,00 schaalwaarde op de schaal. Als u echter het instrument vanuit de afleeshoek 1 afleest lijkt het alsof de naald boven de schaalwaarde 5,15 staat. Leest u af vanuit afleeshoek 2, dan staat de naald boven de schaalwaarde 4,95. Alleen de loodrechte afleeshoek 3 geeft de exacte waarde, de naald staat dan precies boven de schaalwaarde 5,00.



Het ontstaan van parallax-fouten. (© 2024 Jos Verstraten)

De spiegeluitlezing
Een vaak gebruikte methode om deze parallax-fout te voorkomen is de zogenaamde spiegeluitlezing. Op de wijzerplaat wordt, vlak onder of boven de schaalverdeling, een gleuf van ongeveer 5 mm breed aangebracht, met daarachter een spiegelend oppervlak. Door loodrecht op de wijzerplaat te kijken vallen spiegelbeeld en wijzer samen en is de aflezing correct. Dat ziet u mooi toegelicht op de onderstaande van Wikipedia geleende foto. Links wordt de meter onder een foutieve hoek afgelezen, de weerspiegeling van de naald valt niet samen met de naald. Rechts is dat wél het geval en wordt de exacte waarde afgelezen. Vrijwel alle draaispoelmeters en dus ook analoge multimeters zijn voorzien van zo'n schaal met spiegelgleuf.



Een spiegelgleuf voorkomt afleesfouten door het parallax-verschijnsel.
(© Wikimedia Commons)

Mechanische nulpunt correctie
Iedere draaispoelmeter is voorzien van een klein schroefje waarmee u de naald in rust precies kunt laten samenvallen met het nulpunt van de schaal.

Het meetbereik van een draaispoelmeter
De gevoeligste meters die worden gemaakt hebben een volle-schaal bereik van 50 µA. Een dergelijke meter heeft een draaispoel weerstand van 3 kΩ. Met een dergelijke meter kunt u dus gelijkspanningen meten tot 150 mV. Deze gegevens bepalen meteen de minimale spanning- en stroombereiken van een analoge multimeter. Zelfs als in zo'n meter de meeste gevoelige draaispoelmeter wordt ingebouwd kunt u geen lagere volle-schaal meetbereiken voor spanning en stroom verwachten!

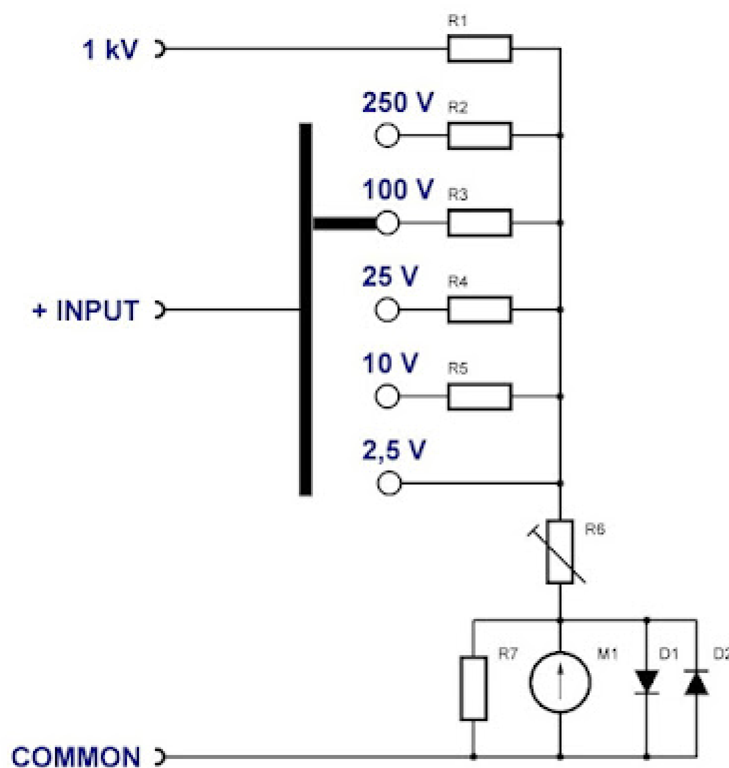
De breedte van de schaal
Uiteraard is de breedte van de schaal een belangrijke specificatie van een draaispoelmeter. Hoe breder deze schaal is, hoe gemakkelijker en nauwkeuriger u immers de positie van de naald op de schaal kunt aflezen. De kleinste meters hebben een schaalbreedte van 60 mm, de grootste ongeveer 135 mm.

De interne schakelingen van een analoge multimeter

Inleiding
De in de onderstaande paragrafen beschreven schakelingen komt u niet alleen tegen in analoge multimeters. U kunt deze schakelingen ook zélf toepassen als u bijvoorbeeld een zelfgebouwde voeding wilt voorzien van twee analoge paneelmeters voor het meten van de uitgangsspanning en -stroom.

Het meten van gelijkspanningen

In de onderstaande figuur is getekend hoe de meetschakeling voor gelijkspanning eruit ziet. De minpool van het draaispoel instrument is rechtstreeks met de '*COMMON*', de gemeenschappelijke aansluiting, verbonden. De '*+INPUT*' is via de bereikenschakelaar met verschillende voorschakelweerstanden verbonden. Deze precisieweerstanden zijn zo berekend dat ze steeds de juiste stroom voor een bepaald spanningsbereik door de draaispoel sturen.
De weerstanden R6 en R7 passen de inwendige weerstand van de draaispoel zó aan dat voor de voorschakelweerstanden standaard waarden kunnen worden gebruikt en dat ook de gevoeligheid van de meter aan een standaardwaarde voldoet. Uiteraard wordt de instelpotentiometer R6 gebruikt voor het ijken van de multimeter.
Als de vervangingsweerstand van de kring R6-R7-M1 bekend is, kan men door het toepassen van de wet van ohm de waarde van de voorschakelweerstanden snel berekenen.
Sommige analoge multimeters hebben een extra ingang voor het meten van hoge gelijkspanningen. Deze wordt, buiten de bereikenomschakelaar, aan de kring R6-R7-M1 aangeboden via de voorschakelweerstand R1. Soms is deze weerstand, uit veiligheidsoverwegingen, uitgevoerd als de serieschakeling van twee weerstanden, zodat over iedere weerstand een kleinere spanning valt.
De dioden D1 en D2 zijn over het draaispoeltje geschakeld en beschermen dit tegen te hoge spanningen. Deze dioden gaan geleiden bij een spanning van ongeveer ±650 mV. Deze onderdelen voorkomen niet dat, bij overbelasting, de naald van de meter in de rechterhoek van de schaal klapt. Wat zij wél voorkomen is dat de fragiele dunne wikkeldraad van het draaispoeltje doorbrandt.

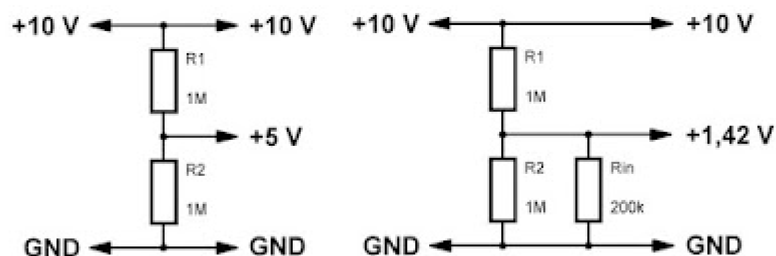


De schakeling voor het meten van gelijkspanningen.
(© 2024 Jos Verstraten)

De gevoeligheid van een analoge multimeter
De ingangsweerstand bij het meten van gelijkspanningen is een van de belangrijkste specificaties van iedere multimeter. Wij schreven al in de paragraaf '*De nadelen van de analoge multimeter*' dat een van de grootste nadelen van een analoge multimeter de niet constante ingangsweerstand is. Om dit gegeven te kunnen specificeren heeft men het begrip '*gevoeligheid*' ingevoerd. Deze gevoeligheid wordt uitgedrukt in een aantal Ω/V. Gebruikt met een draaispoelmeter met een bereik van 50 µA en heeft de meter een laagste meetbereik van 1 V volle-schaal, dan bedraagt de gevoeligheid 20 kΩ/V. Legt u immers 1 V aan de ingang en bedraagt de ingangsweerstand 20 kΩ, dan zal er volgens de wet van Ohm (stroom is

spanning gedeeld door weerstand) 50 µA door het draaispoeltje moeten vloeien om de naald maximaal te laten uitslaan.

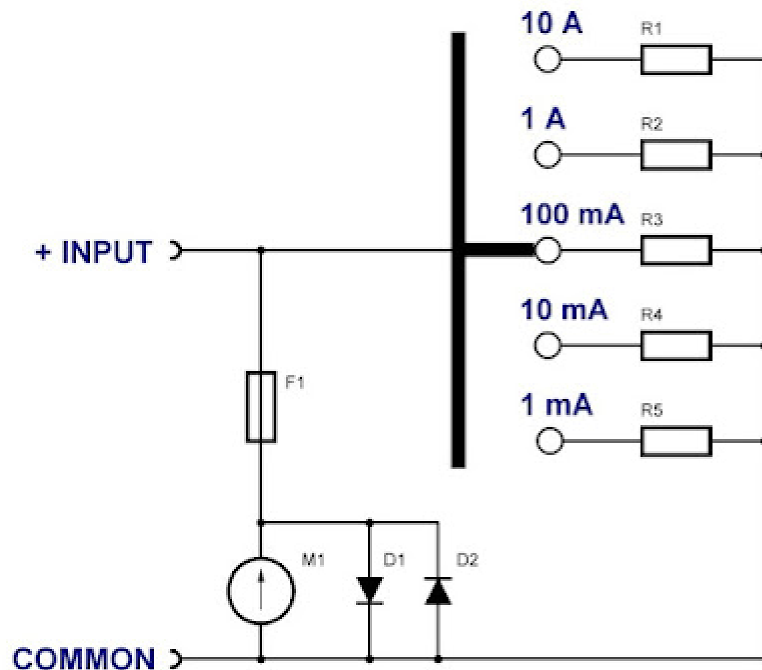
Het belang van een hoge gevoeligheid
Hoe hoger de gevoeligheid van de meter, hoe minder kans er is dat de meting wordt beïnvloed. De multimeter onttrekt immers stroom aan het punt waarop u meet. Als u in een zeer hoogohmig systeem meet, kan de meting zelfs waardeloos worden omdat de invloed van de gevoeligheid van de meter dan te groot wordt.
Een voorbeeldje: stel dat twee weerstanden van 1 MΩ in serie zijn aangesloten op een spanning van 10 V. Over iedere weerstand staat dus de halve voedingsspanning van 5 V. Nu wilt u met een analoge multimeter kijken of dit klopt. U stelt de meter in op het 10 V bereik. Als de gevoeligheid van de meter 20 kΩ/V bedraagt zal de ingangsweerstand van de meter op dit bereik 200 kΩ zijn. Om te kunnen meten moet u de meter, met zijn inwendige weerstand van 200 kΩ, parallel over een van de weerstanden aansluiten. De vervangingsweerstand van deze 1 MΩ weerstand parallel aan de 200 kΩ is 160 kΩ! Het is duidelijk dat deze meting finaal de mist in gaat, immers de weerstandsverhouding 1 MΩ en 160 kΩ over een spanning van 10 V geeft een spanningsverhouding van respectievelijk 8,64 V en 1,42 V en niet 5 V en 5 V. Door het aansluiten van de multimeter op dit hoogohmige punt in een schakeling gaat u de schakeling dus volledig verstoren, waardoor de schakeling misschien zelfs niet eens meer werkt als u meet.



De lage ingangsweerstand van een multimeter kan een schakeling volledig verstoren.
(© 2024 Jos Verstraten)

Goed nadenken vóór u meet!
Uit dit voorbeeld blijkt dat u zich bij iedere meting moet afvragen hoe groot de meetfout zal zijn. Dat geldt overigens niet alleen voor metingen met een analoge multimeter, maar net zo goed bij een meting met een digitale meter. Wilt u de spanning meten over een weerstandsketen van een paar kΩ, dan zal het duidelijk zijn dat belasting door een instrument met bijvoorbeeld 200 kΩ ingangsweerstand een verwaarloosbare invloed heeft.

Het meten van gelijkstromen
De stroom door het draaispoeltje mag bij de tot voorbeeld gestelde multimeter maximaal 50 µA bedragen. Om hogere stromen te kunnen meten wordt er parallel over de draaispoel een zogenaamde shunt-weerstand gezet, zie de onderstaande figuur. Hoe kleiner deze weerstand is ten opzichte van de meter-weerstand, hoe meer stroom hierdoor zal afvloeien en hoe hoger het meetbereik van de multimeter wordt.
De bereikenomschakelaar schakelt de weerstanden R1, R2, R3, R4 en R5 parallel aan het draaispoeltje mét zijn beveiligingsdiodes D1 en D2.
In serie met de draaispoel is soms een snelle zekering F1 opgenomen. Die zorgt ervoor dat de schade beperkt blijkt als u per ongeluk spanningen gaat meten als de meter is ingesteld op stroommetingen.



De interne schakeling voor het meten van gelijkstromen.
(© 2024 Jos Verstraten)

Een alternatieve manier van stroommeting
Het nadeel van stromen op een dergelijke meten is dat u het te meten circuit moet onderbreken, waarna de stroomkring via de meter weer wordt gesloten. Wilt u de stroom door een weerstand meten, dan is het vaak handiger om de spanning over deze weerstand te meten en deze te delen door de weerstandswaarde. Bijvoorbeeld: 10 V gedeeld door 1 kΩ is gelijk aan 10 mA. Zonder dat u iets moet los solderen weet u dan tóch de stroom door de weerstand.

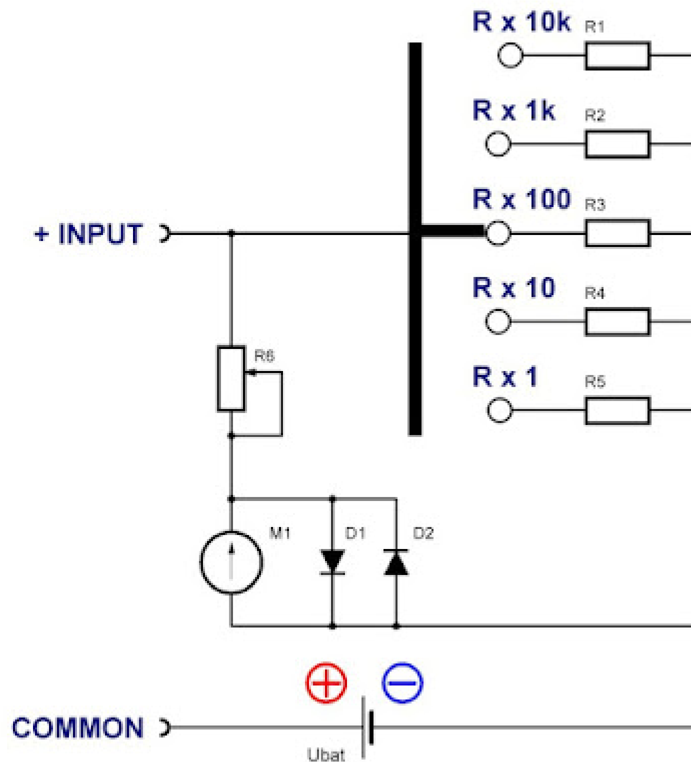
Het meten van weerstanden
Een van de belangrijkste eigenschappen van het meten van weerstanden met een analoge multimeter is dat de schaal is geïnverteerd. Wat bij spanning- en stroommetingen het nulpunt is (links) komt bij weerstandsmetingen overeen met een oneindig hoge weerstand, voorgesteld door het symbool '∞'. Het nulpunt bij weerstandsmetingen ligt altijd helemaal rechts. Een tweede eigenschap is dat de weerstandsschaal nooit lineair is ingedeeld. In de onderstaande figuur ziet u een typische weerstandsschaal van een analoge multimeter. Zo'n niet-lineaire schaal heeft voor- en nadelen. U ziet bijvoorbeeld dat u met de voorgestelde schaal zowel een weerstand van 20 Ω als een van 500 Ω nauwkeurig kunt aflezen. Dat kan met een lineaire schaal absoluut niet!



De typische indeling van de weerstandsschaal.
(© 2024 Jos Verstraten)

In de onderstaande figuur is het principiële schema weergegeven waarmee alle analoge multimeters weerstanden meten. Bij dit soort metingen is altijd een hulpspanning nodig, vandaar dat in iedere analoge multimeter een batterijtje aanwezig is. Hiervoor wordt vaak een of meerdere 1,5 V type AAA batterijen en/of een 9 V blokbatterij gebruikt.
De batterij U_{bat} is opgenomen in een seriekring waarin zowel het draaispoeltje M1 als een afregelpotentiometer R6 zijn opgenomen. Als u de ingangen kortsluit wordt dus een gesloten stroomkring gevormd. De naald van de meter gaat uitwijken en door de knop van R6 te

verdraaien moet u er voor zorgen dat de naald helemaal in de rechterhoek komt te staan, dus bij de notatie '*0 Ω*'. Deze afregeling moet u steeds uitvoeren alvorens u een weerstand gaat meten. Als u vervolgens de kortsluiting tussen de ingangen onderbreekt en de te meten weerstand aansluit gaat de stroom is de serieketen dalen, gaat de naald van de meter naar links en wijst het instrument de waarde van de aangesloten weerstand aan.
De diverse weerstandsbereiken worden ingesteld door de besproken serieschakeling te overbruggen met een shun-tweerstand R1 tot en met R5.



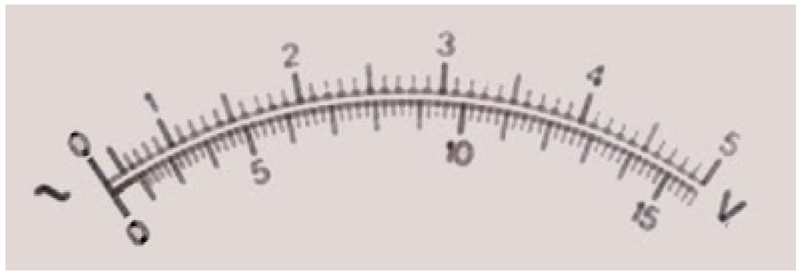
Het principe van het meten van weerstanden.
(© 2024 Jos Verstraten)

Een derde fundamentele eigenschap van het meten van weerstanden met een analoge multimeter is dat de stroom die door de te meten weerstand vloeit afhankelijk is van het meetbereik. In het hoogste meetbereik is de meetstroom meestal gelijk aan de eigen stroom van het draaispoeltje, bijvoorbeeld 50 µA. Schakelt u de meter naar de eerstvolgende lagere stand, dan neemt de meetstroom met een factor tien toe. Bij het meten van zeer lage weerstanden vloeit er dus een vrij grote stroom door de weerstand die wordt gemeten. De meetstroom kan bij sommige multimeters wel oplopen tot 100 mA!
Dat is een belangrijke eigenschap die u goed moet onthouden. Gebruik dus nooit een analoge multimeter, geschakeld in het laagste weerstandsbereik, voor het meten van bijvoorbeeld de weerstand tussen de basis en de emitter van een transistor. De hoge meetstroom zou wel eens de basis/emitter-junctie kunnen vernietigen!

Let op de polariteit van de batterij!
Een eigenaardigheid van het meten van weerstanden met een analoge multimeter is dat de positieve pool van de batterij is verbonden met de '*COMMON*' en dat de '*+INPUT*' dus via de draaispoel en de ijkweerstand met de min van de batterij is verbonden. Dat is noodzakelijk om de stroom in de goede richting door de draaispoel te sturen, zodat de naald in de goede richting over de schaal wordt gestuurd.

Het meten van wisselspanningen
Omdat in een echte analoge multimeter geen transistoren of op-amps's worden gebruikt kan men geen nauwkeurige gelijkrichter in een dergelijk apparaat toepassen. In de meeste gevallen bestaat de gelijkrichter uit een of twee silicium-diodes en dat was het. Die staan dan is serie met de schakeling rond het draaispoeltje en richten ofwel de positieve ofwel de

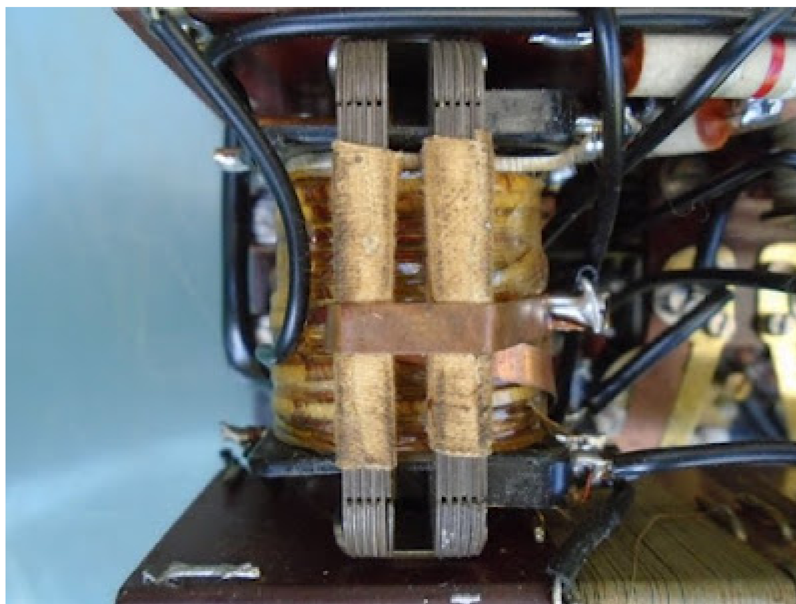
negatieve halve perioden van de te meten wisselspanning gelijk. Een analoge multimeter meet bijgevolg nooit de effectieve waarde van de wisselspanning, maar de gemiddelde waarde. Omdat de gelijkrichtdiode geen lineaire karakteristiek heeft zal ook de schaalindeling voor wisselspanning niet lineair zijn. Dat geldt uiteraard voornamelijk voor de kleinste waarden van de schaal, zie de onderstaande figuur.



Een voorbeeld van de niet-lineaire schaalindeling voor wisselspanningen. (© 2024 Jos Verstraten)

Het meten van wisselstromen

Met de meeste analoge multimeters kunt u geen wisselstromen meten. Het systeem dat wordt toegepast voor het meten van wisselspanningen, ergens een diode opnemen in serie met het meetsysteem, kan hier namelijk niet worden toegepast. Er is simpelweg te weinig spanning aanwezig over de shuntweerstanden om de diode in geleiding te sturen.
Wil men een meter ontwerpen die in staat is wisselstromen te meten, dan moet men gebruik maken van een stroomtransformator die ervoor zorgt dat uit de kleine spanningsval over de shuntweerstanden een grotere wisselspanning wordt afgeleid. Het meten van wisselstromen wordt dan in feite herleid tot het meten van wisselspanningen. Zo'n stroomtrafo is echter omvangrijk en duur en alleen professionele multimeters zoals de AVO '*Model 8*' maken daar gebruik van.



De stroomtrafo in 'Model 8' van AVO. (© Peter Visser)

Analoge multimeters in de praktijk

Eén draaiknop voor alle metingen

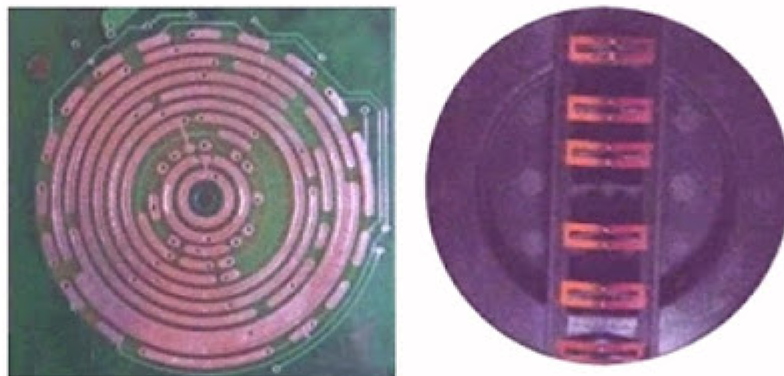
Vrijwel alle analoge multimeters hebben slechts één grote draaiknop voor het selecteren van het gewenste meetbereik. Dat betekent dat een dergelijke schakelaar vaak meer dan vijfentwintig standen heeft. Heel anders dan bij digitale multimeters waar u alleen de te meten grootheid moet selecteren met drukknopjes of een draaischakelaar met zes standen! U moet

dus altijd even goed nakijken of u wel het juiste meetbereik hebt geselecteerd.



De bereikenomschakelaar. (© 2024 Jos Verstraten)

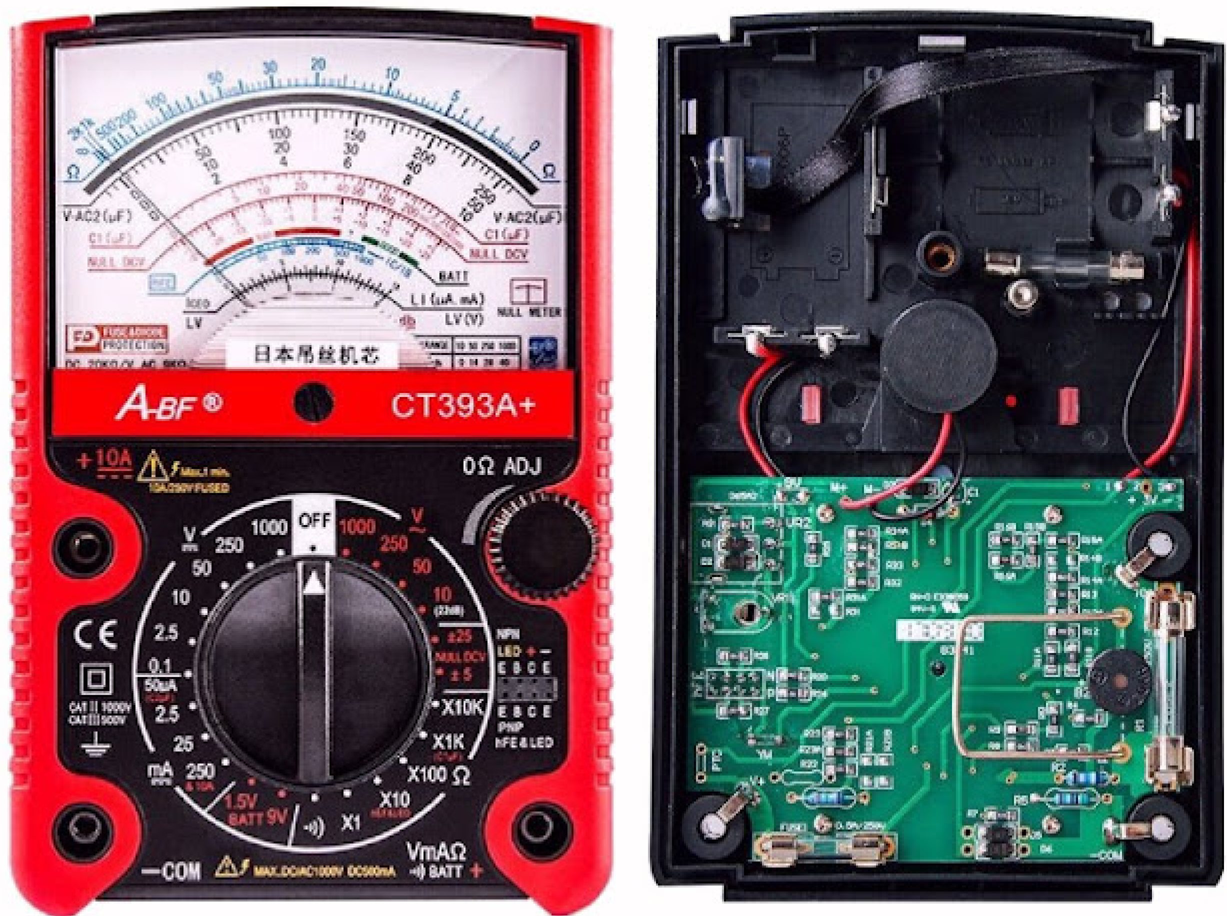
Op de print geëtste schakelaar-segmenten
Het omschakelen van de ene grootheid naar de andere met slechts één draaischakelaar is absoluut niet te realiseren met een traditionele draaischakelaar. Er zijn hiervoor immers nogal wat schakel-acties nodig, waardoor zo'n schakelaar omvangrijk en duur zou worden.
Vandaar dat in vrijwel alle analoge multimeters gebruik wordt gemaakt van een contactpatroon dat op de printplaat is geëtst. In de betere modellen worden deze patronen verguld om de betrouwbaarheid op lange termijn te garanderen. De rotor van de schakelaar heeft een aantal sleepcontacten dat over het geëtste patroon glijdt en voor iedere stand van de schakelaar de gewenste verbindingen tussen de onderdelen van de meter maakt.



De constructie van de draaischakelaar. (© 2024 Jos Verstraten)

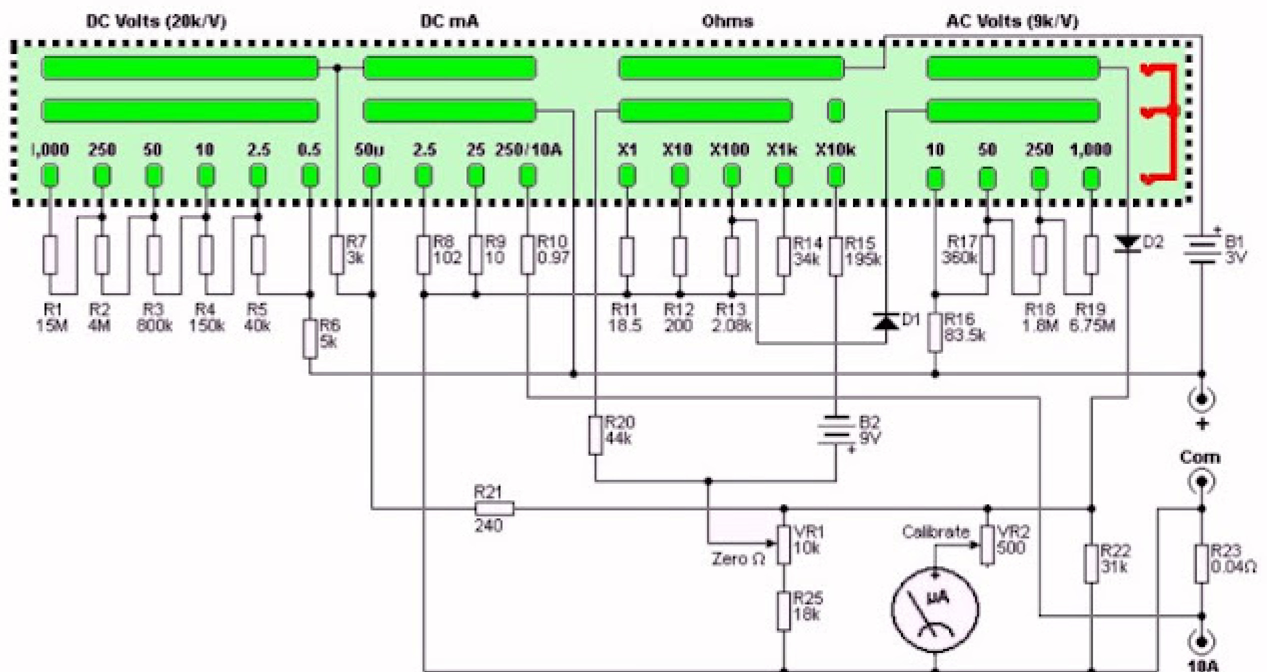
Een voorbeeld van een analoge multimeter: de CT393A+ van A-BF
Deze Chinese multimeter hoort met zijn prijs van € 45,57 bij de middelmoot van analoge multimeter die u kunt aanschaffen. Hij heeft vijf gelijkspanningsbereiken van 0,1 V tot 250 V volle schaal met een gevoeligheid van 20 kΩ/V. Voor het meten van gelijkstromen staan vijf bereiken ter beschikking van 50 µA tot 10 A volle schaal. Weerstanden meet u in vijf bereiken tussen Rx1 en Rx10k. Deze meter heeft een paar extra's, zoals een eenvoudige transistortester, een continuïteitstester en een tester voor de ingebouwde batterijen. De meter werkt op een 9 V blokbatterij en twee 1,5 V AA batterijen.
Zoals uit de onderstaande foto blijkt wordt de meter beveiligd met twee zekeringen. De grote zekering van 10 A staat in serie met de afzonderlijke 10 A ingang. De kleine zekering van 0,5 A staat in serie met de '*+INPUT*'. Op de print is plaats voor een PTC als extra beveiliging van de '*+INPUT*' tegen te hoge spanningen. Vreemd genoeg is dit onderdeel niet aanwezig. Naast

de grote zekering ziet u een U-vormige metalen beugel. Dat is de shunt-weerstand voor het 10 A stroombereik.



Als voorbeeld de CT393A+ van A-BF. (© 2024 Jos Verstraten)

Een schema als voorbeeld
Tot slot geven wij in de onderstaande figuur het volledige schema van een analoge multimeter (niet de CT393A+). Wij geven dit schema als voorbeeld omdat u hier duidelijk ziet hoe het sleepcontact van de rotor van de draaischakelaar (rood weergegeven) de geëtste schakelaarsegmenten (groen weergegeven) in de diverse standen met elkaar verbindt.



Een typisch schema van een standaard analoge multimeter. (© 2024 Jos Verstraten)

Werken met een analoge multimeter
Een analoge multimeter is een kwetsbaar instrument en moet dan ook steeds met aandacht worden gebruikt. Overbelasting heeft snel een kromme wijzer of zelfs een verbrande draaispoel tot gevolg. Let voor een goede meting altijd op de volgende punten:

- Vóór de meting moet u controleren of de naald op het nulpunt van de schaal staat en indien nodig moet u dit met het schroefje bijregelen.
- Zet de bereikenschakelaar altijd op het hoogste meetbereik van de gekozen grootheid.
- Als de naald te weinig uitslaat, schakel dan om naar een lager bereik, totdat de wijzer minstens over het midden van de schaal heen is.
- Bij weerstandsmetingen moet u eerst controleren of, met kortgesloten pennen, de meter op nul staat (wijzer geheel rechts). Indien dat niet het geval is, corrigeren met de '*ZERO-OHM*' potentiometer. Hierna wordt de spanningsloos gemaakte weerstand gemeten, zo nodig eerst los solderen uit de schakeling.